

## Wärmeaustauscher mit Wärmeübertragungsflüssigkeit in geschlossenem Kreislauf.

**Publication number:** CH247529 (A)

**Publication date:** 1947-03-15

**Inventor(s):** LOKOMOTIV MASCHINENFABRIK SCHW [CH] +

**Applicant(s):** SCHWEIZERISCHE LOKOMOTIV [CH] +

**Classification:**

- international: ***F28D15/02; F28D19/00; F28F3/04; F28D15/02; F28D19/00; F28F3/00***

- European: F28F3/04C; F28D15/00; F28D19/00; F28F1/26; F28F1/42

**Application number:** CHD247529 19450627

**Priority number(s):** CHT247529 19450627

Abstract not available for **CH 247529 (A)**

---

Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

## PATENTSCHRIFT

Veröffentlicht am 17. November 1947

Gesuch eingereicht: 27. Juni 1945, 18 Uhr. — Patent eingetragen: 15. März 1947.



## HAUPTPATENT

Schweizerische Lokomotiv- &amp; Maschinenfabrik, Winterthur (Schweiz).

## Wärmeaustauscher mit Wärmeübertragungsflüssigkeit in geschlossenem Kreislauf.

Bei Wärmeaustauschern, bei denen die Wärme mittels eines flüssigen Wärmeträgers von einem gasförmigen Medium an ein anderes gasförmiges Medium übergeführt werden muß, wie dies beispielsweise in Gasturbinen-Kreisprozessen der Fall ist, kommt es darauf an, gasseitig eine möglichst große Wärmeaustauschfläche unterzubringen, ohne dem Gas einen größeren Druckabfall zuzumuten, als zur Wärmeübertragung nötig ist. Große zusammenhängende Wärmeaustauschflächen, die in Richtung der Gasströmung notwendigerweise große Abmessungen haben, wie sie bei Plattenaustauschern vorkommen, haben den Nachteil, daß die sich auf den Platten ausbildende Grenzschicht relativ dick wird und damit den Wärmeübergang beeinträchtigt, sofern der gegenseitige Plattenabstand im Verhältnis zur Grenzschichtdicke groß ist. Diesbezüglich sind quer zur Strömungsrichtung angebrachte Rippenrohre vorteilhafter, da bei jedem Rohr die Grenzschicht neu ausgebildet werden muß und demnach nur dünn sein kann, wenn die Rippen keine zu großen Flächenmaße annehmen. Fließt nun im Innern des Rippenrohres eine Flüssigkeit, welche schon an sich einen sehr guten Wärmeübergang zum Rohr hat, so zeigt die Praxis, daß es möglich ist, bezogen auf die Rohrinnenfläche, gas- und flüssigkeitsseitig, selbst bei kleinen Gasgeschwindigkeiten und atmosphärischem Druck des gasförmigen Mediums, angenähert denselben hohen Wärmeübergangskoeffizienten zu erhalten.

Wärmeaustauscher müssen besonders bei Gasturbinen-Kreisprozessen äußerst kompakt gebaut werden. Es ist dort von besonderem Interesse, die Wärmeaustauschflächen direkt in die Arbeitsmittelleitung einzubauen, um lange wärmeisolierte Leitungen und Krümmer bzw. Umlenkgritter, die ihrerseits Druckverluste zur Folge haben, zu vermeiden.

Gedrängte Bauart und geringer Druckabfall lassen sich verwirklichen indem der Wärmeaufnahme und der Wärmeabgabe vollständig getrennt angeordnet und durch einen geschlossenen Kreislauf mit einer Wärmeübertragungsflüssigkeit verbunden werden. Diese Bauart läßt sich bei Gasturbinen oder anderen Kreisprozessen mit hoher Temperatur des Arbeitsmittels verwenden, wenn gemäß der Erfindung der Kreislauf von einer Flüssigkeit durchflossen ist, welche ihren tropfbaren Aggregatzustand in einem Temperaturbereich beibehält, der von Raumtemperaturen bis an die an Turbinenschaufeln zulässigen Temperaturen, das heißt bis wenigstens an 400° C heranreicht. In der Zeichnung sind zwei Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes dargestellt, und zwar zeigt:

Fig. 1 die prinzipielle Anordnung eines Wärmeaustauschers,

Fig. 2 einen Querschnitt durch das Rohrsystem in größerem Maßstab,

Fig. 3 oben und unten Kühlrohrlängs-

schnitte dazu, nach den Linien *A—A* bzw. *B—B* der Fig. 2,

Fig. 4 und 5 Details zum Wärmeaustauscher,

Fig. 6 eine andere Bauart des Wärmeaustauschers,

Fig. 7 einen Teil eines Schnittes nach Linie VII—VII der Fig. 6 in größerem Maßstab,

Fig. 8 einen Teil von Fig. 7 in noch größerem Maßstab.

Das Rohr 1 führt einen ersten Gasstrom, dem Wärme zu entziehen, und das Rohr 2 einen zweiten Gasstrom, dem diese Wärme zuzuführen ist. Die Übertragung der Wärme erfolgt durch ein flüssigkeitsgefülltes Rohrsystem, das nach Fig. 1 bis 5 mit seinem Teil 3 in das Rohr 1, mit seinem Teil 4 in das Rohr 2 eingebaut ist. Die Rohre dieses Systems sind dort, wo sie sich im Gasstrom befinden, mit Rippen 5 versehen. Durch eine Pumpe *P* wird die Flüssigkeit im Rohrsystem 3, 4 in Richtung der Pfeile 6, 9 umgewälzt. Die Gase in den Rohren 1 und 2 strömen dabei in der Richtung der Pfeile 7 und 8, was erkennen läßt, daß die ganze Anlage im Gegenstromprinzip arbeitet.

Sind die einzelnen Rohre 10 des Rohrsystems 3, 4 in Strömungsrichtung nach den Gesetzen der Strömungslehre im Sinne geringsten Widerstandes profiliert (Fig. 2), so ist auch der gasseitige Druckabfall in den Rohren 1 und 2 auf ein Mindestmaß herabgesetzt. Um den Abstand der einzelnen Rohre 10 in Strömungsrichtung klein zu halten, können die Rippen 11 vorn und hinten abgeschnitten werden (Fig. 2, 3); dabei wird dem Umstand Rechnung getragen, daß am vordern und hintern Staupunkt 12 bzw. 13 des Rohrprofils die Geschwindigkeit Null und in deren Umgebung nur klein ist, verglichen mit der Geschwindigkeit an der Längsseite des Profils. Die Rippen erhalten also dort die größte Ausdehnung, wo die Geschwindigkeit groß ist und demzufolge der Wärmeübergang auch groß ist.

Als Flüssigkeit im Rohrsystem 3, 4 ist beispielsweise eine eutektische Mischung von

Kalium und Natrium oder aber eine Mischung verwendet, in welcher mehrheitlich diese beiden Elemente vertreten sind. Da solche Flüssigkeiten vor jeder Berührung mit Feuchtigkeit zu bewahren sind, muß der Kreislauf vollständig luftdicht abgeschlossen sein. Die Pumpe *P* muß daher als stopfbüchlose Pumpe ausgebildet sein, etwa wie jene bekannten elektrisch betriebenen Pumpen, die direkt in einem Strang einer Heizungsanlage eingebaut werden und bei denen das im Rohrstrang gelagerte Pumpenrad zugleich Rotor des Pumpenmotors ist. Dabei ist die Statorwicklung des Motors um das Pumpenrad herum angeordnet und durch eine im Luftspalt zwischen Rotor und Stator angeordnete feste Scheidungswand vom Flüssigkeitsraum vollständig flüssigkeitsdicht getrennt. Sie wird vorteilhaft im kalten Ast des Kreislaufes eingeschaltet, damit beispielsweise die Wicklung des Motors nicht zu sehr erwärmt wird und Kavitationserscheinungen in der Pumpe selber möglichst ausgeschlossen sind. Die Stromwärme des Elektromotors kann dabei durch Luft abgeführt werden. Die Wärmeübertragungsflüssigkeit kann statt durch eine Pumpe *P* nach dem Thermo-siphonprinzip umgewälzt werden.

Zum Abfüllen der Flüssigkeit wird das Rohrsystem mit Vorteil erhitzt, damit jegliche Feuchtigkeit entweicht. Die an der höchsten Stelle anzuordnende Abfüllöffnung kann durch Verschweißen abgeschlossen werden, da die erwähnte Flüssigkeit die Schweißhitze ohne weiteres erträgt. Die Volumenänderung der Flüssigkeit bei Erwärmung kann durch sogenannte Bälge ausgeglichen werden, wie Fig. 4 zeigt. Die Bälge oder Dehnungskörper 15 sind vollständig luftdicht. Schweißstellen können mit Rücksicht auf den Strömungswiderstand im Rohr in widerstandsarmer Ausführung vorgenommen werden. Fig. 5 zeigt eine solche; es sind hiervon eine ganze Menge bekannt geworden.

Um möglichst alle Wärme von einem Medium an das andere überzuführen, ist nur ein geringer Temperatursprung vom Gasstrom zum Übertragungsmedium zulässig. Handelt

es sich um sehr hohe Temperaturen von z. B. 600° C, so ist es unter Umständen nötig, Rohre und Rippen aus hochhitzebeständigem Material auszuführen. Da sich aber diese Stähle gut schweißen lassen, ist darin kein prinzipielles Hindernis für die Herstellung solcher Rohre zu erblicken. Im übrigen soll hier keine besondere Herstellungsart der Rippenrohre bevorzugt werden, da deren eine große Zahl bekannt geworden sind; sie ergibt sich je nach dem Temperaturbereich, in dem das betreffende Rohr zur Anwendung gelangt. Der Wärmeaustauscher an und für sich kann bei unterteiltem Temperaturbereich verschiedene Teilaustauscher umfassen und demzufolge auch eventuell verschiedene Herstellungsverfahren und Materialien der Rohre notwendig machen.

Bei der Bauart der Wärmeaustauscherelemente nach Fig. 6 bis 8 soll vom Gasstrom im Rohre 1 wiederum durch einen geschlossenen Flüssigkeitskreislauf vermittelt Pumpen *P* (oder Thermosiphonwirkung) Wärme auf den Gasstrom im Rohre 2 übertragen werden. Dabei strömen Gas und Übertragungsflüssigkeit im reinen Gegenstrom. Damit wird erreicht, daß das Temperaturgefälle der heizenden oder kühlenden Oberflächen gegenüber dem Gas längs der Wärmeaustauscherströmung möglichst konstant bleibt und die Heiz- bzw. Kühlelemente im Gasstrom keinen unnötigen Druckverlust erzeugen. Um ferner dafür zu sorgen, daß pro Volumeneinheit der Wärmeübertragungselemente bei gegebenen Temperatur- und Geschwindigkeitsverhältnissen ein Maximum an Wärme ausgetauscht wird, sind bei der Bauart nach Fig. 6 bis 8 die Wärmeübertragungsflächen mit gasseitig ineinandergreifenden Rippen versehen. Fig. 7 insbesondere zeigt die prinzipielle Anordnung der ineinandergreifenden Rippen. Danach strömt die Wärmeübertragungsflüssigkeit durch die Räume 15 zwischen in den Gasstrom eingebauten, mit Rippen versehenen Platten 16. An den Seiten der Rohre 1 und 2 sind Verteiler- bzw. Sammlerkästen 17 angebaut, mittels welcher die durch die Pumpe *P* bewegte

Flüssigkeit zwischen die Platten verteilt bzw. nach Durchströmen derselben gesammelt werden. Flüssigkeitsseitig sind an diesen Platten 16 niedrige Rippen 20 vorgesehen, die auch in Fig. 6 angedeutet sind und in ihrem mittleren Teil in der Richtung der Gasströme in den Rohren 1 und 2 verlaufen. Die gasseitigen Rippen 21 benachbarter Platten greifen gegenseitig ineinander ein, wie Fig. 7 zeigt. Die Rippen 20 dienen dazu, bei seitlicher Zuführung der Flüssigkeit dieselbe in die axiale Richtung umzulenken. Die gasseitigen Rippen 21 sind so dimensioniert, daß die auf die Flächeneinheit der Platten bezogenen Wärmeübergangszahlen gas- und flüssigkeitsseitig angenähert gleich groß sind. Für nicht ineinandergreifende Rippen führt die Temperaturdifferenz zwischen der Stelle *B* (Fig. 7) und dem Rippenkamm *C* zu unnötigen Reibungsverlusten der Gasströmung, indem an der Oberfläche reibende Gasteilchen zum Beispiel am kälteren Rippenkamm *C* keine Wärme mehr aufnehmen können, nachdem sie vorher zufolge der turbulenten Querströmungen an der wärmeren Stelle *B* aufgeheizt wurden. Für ineinandergreifende Rippen ergibt sich eine Verminderung der Temperaturdifferenz zwischen *C* und *B*, indem der Rippenkamm *C* von *D* (zur Hauptsache durch Strahlung) aus erwärmt und andererseits die Stelle *B* durch den Rippenkamm *E* abgekühlt wird. Die kleinere Temperaturdifferenz gibt einer geringeren Anzahl Gasteilchen die Möglichkeit, ohne Wärme aufzunehmen oder abzugeben, an der Oberfläche zu reiben, das heißt die zusätzlichen Verluste verringern sich. Ein großer Vorteil der ineinandergreifenden Rippen besteht ferner darin, daß sie eine zumindest doppelt so feine Aufteilung des gasdurchströmten Raumes ermöglicht, als der Formgebung der Wärmeübertragungsrippen entspricht.

Die gasseitigen, etwas längeren und vor allem am Kamm verstärkten Rippen 22 haben den Zweck, die Wärmeaustauscherplatten gegenseitig abzustützen.

Die Herstellung der Rippenplatten kann durch spanabhebende Bearbeitung, Pressen

oder Ziehen und Schweißen erfolgen. In Fig. 8 ist eine Konstruktion aus verschweißten und gepreßten oder anders bearbeiteten mehrkämmigen Rippenkörpern dargestellt. 5 Letztere könnten auch einkämmig sein.

Besonders günstige Verhältnisse ergeben sich, wenn der Wärmeaustauscher gasseitig in einen pulsierenden Gasstrom eingebaut wird, da dann der Wärmeübergang gut ist und die 10 Rippen nur eine kleine räumliche Ausdehnung annehmen oder auch ganz weggelassen werden können. Die Rippenrohre können hierbei als Dämpfer wirken und gewisse Frequenzen der Gaspulsationen zum Verschwinden bringen. 15 Es ist auch denkbar, daß der Wärmeaustauscher in diesem besonderen Fall als Druckausgleichsraum Verwendung finden kann, was sich besonders bei intermittierend arbeitenden Kreisprozessen als raumsparend auf 20 die Maschinengröße auswirkt.

Die Regulierung der Wärmeaustauschleistung kann durch Veränderung der Umlaufgeschwindigkeit der Flüssigkeit erfolgen. Als Impuls kann beispielsweise die Temperaturdifferenz zwischen dem in Leitung 1 eintretenden heißen Gas und dem aus Leitung 2 austretenden erhitzten Gas verwendet werden, da hiervon der Wirkungsgrad des Wärmeaustauschers abhängt. Dieser Impuls kann aber 30 auch noch in Verbindung mit anderen Größen des Kreisprozesses gebracht werden, wenn der Wärmeaustauscher in einem solchen arbeitet, z. B. mit dem Belastungsgrad des Kreisprozesses (Teillast oder Vollast), ausge- 35 drückt durch den Aufladegrad beispielsweise einer Wärmekraftmaschine etc., wenn dieser mit der Last variiert. Unter Aufladegrad versteht man das Druckniveau des Gases vor Eintritt z. B. in die Turbine.

#### PATENTANSPRUCH:

40

Wärmeaustauscher mit Wärmeübertragungsflüssigkeit in luftdicht abgeschlossenem Kreislauf, dadurch gekennzeichnet, daß diese Flüssigkeit, ausgehend von der Raumtemperatur als unterer Grenze, im Temperatur- 45 bereich bis mindestens 400° C, tropfbar bleibt.

#### UNTERANSPRÜCHE:

1. Wärmeaustauscher nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß diese Flüssigkeit mindestens zur Hälfte aus einer 50 Mischung von Natrium und Kalium besteht.

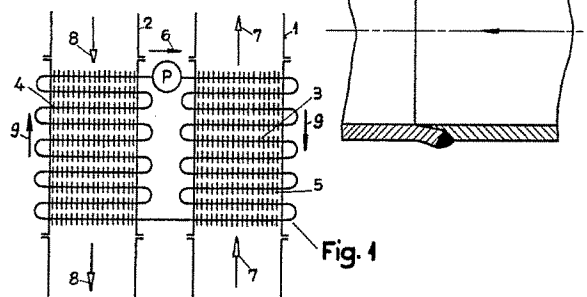
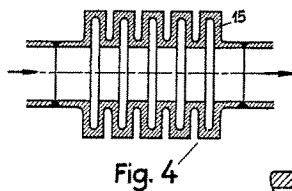
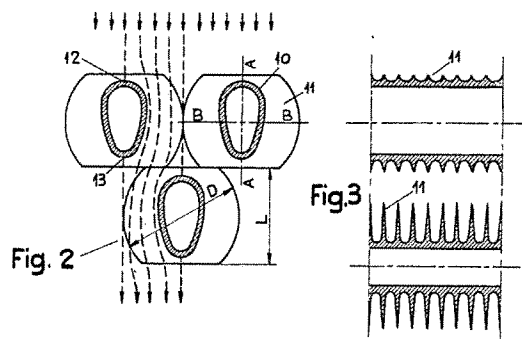
2. Wärmeaustauscher nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß im geschlossenen Kreislauf eine stopfbüchlose Umlaufpumpe angeordnet ist. 55

3. Wärmeaustauscher nach Patentanspruch und Unteranspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Umlaufpumpe an derjenigen Stelle in den Flüssigkeitskreislauf eingeschaltet ist, wo die Flüssigkeitstemperatur im Betrieb ihren geringsten Wert aufweist. 60

4. Wärmeaustauscher nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Regulierung der Wärmeaustauschleistung durch Veränderung der Umlaufgeschwindigkeit der 65 Wärmeübertragungsflüssigkeit, auf Grund der Temperaturdifferenz zwischen dem eintretenden heißen Gas und dem zu erwärmenden austretenden Gas als Impuls erfolgt.

5. Wärmeaustauscher nach Patentan- 70 spruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmeübertragungsflächen gasseitig mit ineinandergreifenden Rippen versehen sind, während flüssigkeitsseitig Rippen die Flüssigkeit führen und die Breite von Spalten, 75 durch welche die Flüssigkeit strömt, bestimmen.

Schweizerische  
Lokomotiv- & Maschinenfabrik.



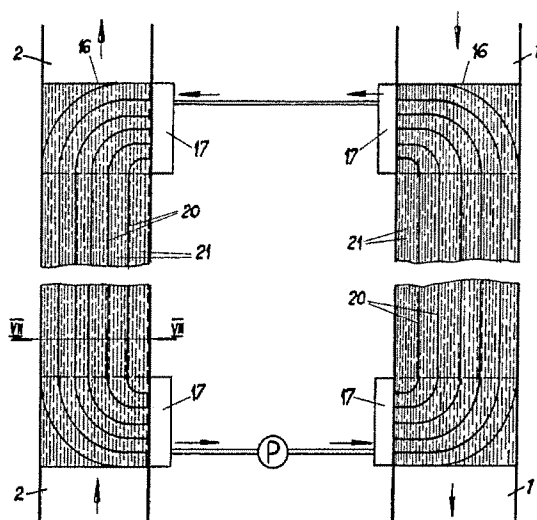


Fig. 6

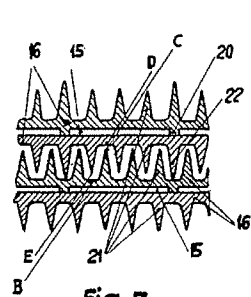


Fig. 7

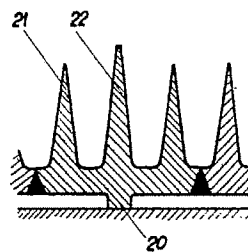


Fig. 8